

A talajvízszint ingadozásának becslése klimatológiai adatok alapján Kecskemét-Katonatelepre

NOVÁK JÁNOS

Országos Meteorológiai Szolgálat Agrometeorológiai Obszervatóriuma, Kecskemét

Hazánk éghajlati viszonyai között nagy szerepe van a talajvíznek a vízgazdálkodásban. Főként a Duna-Tisza közti homokhátság csapadékhiánya indokolja, hogy a talaj potenciális víztartalékként vegyük figyelembe a talajvizet. E vízfelvételi forrás fontos a mély gyökérzetű növényzet számára és jelentős mennyiségű nedvességet biztosít a vegetációs időszakban. Ma már számottevő a talajvízzel történő öntözés.

A talajvíz mélysége tág határok között mozog. A Duna-Tisza közén az átlagos talajvízszint 2 méter körüli. A talajvízszint területi tagoltsága mellett a gyakorlat számára is fontosabb az időbeli eloszlás, az ingadozás. Az évenkénti, a havonkénti talajvízmozgás dinamikája, sebessége függ a talaj tulajdonságoktól, a talajvíznek a felszíntől való távolságától, valamint az időjárástól. Az utóbbi tényező és a talajvíz kapcsolatáról elég pontatlanok és hiányosak az ismereteink.

A talajvízmozgás klimatológiai aspektusai fontosak a gyakorlati élet különböző területein /vízügy, öntözés, növénytermesztés, melioráció, stb./.

Számos irodalmi forrás tájékoztat azokról a beható vizsgálatokról, amelyekkel a talajvízmozgás jellegzetességeit különböző szempontból közelítették meg. A teljesség igénye nélkül ezek közül említünk meg néhány publikációt.

A talajvízmozgás és a hőmérséklet, valamint a csapadék közötti összefüggéseket bizonyította BOGÁRDI /1952/ és olyan statisztikai módszert ismertett, amely alkalmas a kecskeméti talajvíz ingadozásának előrejelzésére.

A talajvíz gyakorlati jelentőségére célzott KREYBIG /1953/ azzal a megállapításával, hogy "... magyar gyakorlati gazda régi tapasztalatai alapján azzal jellemez: jó lesz a termés, mert a felvíz találkozott az alvízzel".

SZESZTAY /1958/ és UBELL /1964/ a vízforgalombecslés egyik fontos elemeként vette figyelembe a talajvíz ingadozását.

A csapadék szekuláris változásai és a talajvízjárás trendje közötti kapcsolatot elemezte RÉTHÁTI /1974/ a Tiszántúlra vonatkozóan.

A talajtannal foglalkozó szakemberek körében sem egységes a vélemény arról, hogy milyen mély talajvíz nem befolyásolja már a talaj gyökérzónájának vízkészletét. E problémához kapcsolódtak SZODFRIDT és FARAGÓ /1968/, SZALÓKI /1972/, POSZA /1978/, RAJKAI és BARNÁNÉ /1978/, valamint VÁRALLYAY /1980/ kutatásai, amelyek során elemezték a vegetáció és a talajvíz közötti összefüggést.

ANTAL és TÓTH /1982/ klimatológiai módszert ismertetett annak kiszámítására, hogy a talajvízből milyen mennyiséget vehet fel a növény.

RAJKAI /1984/, valamint VÁRALLYAY /1974, 1981a, 1984/ a talajvíz és a vízháztartás kapcsolatának sajátosságait meghatározó talajfizikai tényezőket /kapilláris póruster, kapilláris potenciál, stb./ elemezték.

VÁRALLYAY /1980, 1981b, 1983/, MOINÁR és MÉLYVÖLGYI /1983/, valamint HORVÁTH /1984/ a talajvízszint ingadozásából, emelkedéséből eredő kedvezőtlen folyamatok /káros sófelhalmozódás, talajtermékenység romlása, környezet-szennyezés/ kialakulását feltáró- és megelőzését célzó kutatásokat is folytattak.

Fentiekkal érzékeltettük a talajvízmozgás és az időjárás kapcsolatának fontosságát, amelyhez adalékokat kívánunk szolgáltatni Kecskemét-Katonatelep sajátos éghajlata és talajadottságai figyelembevételével.

Anyag és módszer

Kecskemét térségében több helyen végeztek talajvízszint-méréseket. Az előzetes adatkritikai elemzések után megállapítottuk, hogy Kecskemét-Katonatelep körzetében két talajvízkút adathalmaza homogén és további statisztikai vizsgálatok végezhetőek bevonásukkal. 1-es számmal jelöltük azt a talajvízkutat, amelynek 307 cm volt az átlagos mélysége 1960 és 1975 között. Ugyanebben az időszakban 236 cm volt a 2-es számmal jelölt kút átlagos talajvízszintje. Megjegyezzük, hogy a 2. számú kút esetében folytatódtak a mérések 1975 után is, amely azért érdekes számunkra, mert az 1980-ig végzett méréseket felhasználtuk az analízisekben. Elemeztük a két talajvízkút szintjeinek abszolút és relatív ingadozását.

A talajvízszint relatív ingadozásának kiszámítása a következő módszerrel történt:

$$\Delta h = \frac{h_i - h_{i+1}}{h_i} \cdot 100 \quad /1/$$

ahol:

Δh = a talajvízszint változása, %;

h_i = a talajvízszint mélysége az i -edik hónapban, cm.

Az ismertetett számítási módszer arra a feltételezésre épült, hogy a talajvízszint változásának mértéke szorosan függ a kezdeti értéktől $/h_i/$, tehát a periódus kezdeti vízszintjétől. Ez a hipotézis nagyon valószínű és alapfeltétele volt az előrejelzési kísérlet megvalósításának.

Munkánk egyik fontos része a talajvízszint variációs koefficiensének /CV/ elemzése volt a víztükörszint függvényében. Vizsgáltuk a november-február közötti időszak csapadékösszege és a március elejére bekövetkezett vízszintváltozás közötti kapcsolatot.

Regressziós módszerrel becsültük a március és október közötti talajvízszint ingadozást a víztükörmélység és az éghajlati vízhiány CV viszonyszámának a függvényében. /Az éghajlati vízhiány: a potenciális evapotranspiráció és a csapadék különbsége, amely azt fejezi ki, hogy a légköri energiaviszonyok /fizikai állapot/ által megszabott lehetséges párolgásnak mennyiben korlátozó tényezője a csapadék. A potenciális evapotranspiráció /továbbiakban PE/ kiszámítása az ANTAL-féle /1968/ módszerrel történt:

$$PE = 0,74 /E-e/^{0,7} /1+ at/^{4,8} \cdot n \quad /2/$$

ahol:

/E-e/ = a telítési hiány /mb/;

t = a léghőmérséklet napi közepe 2 m magasan mérve /°C/;

n = a hónap napjainak a száma;

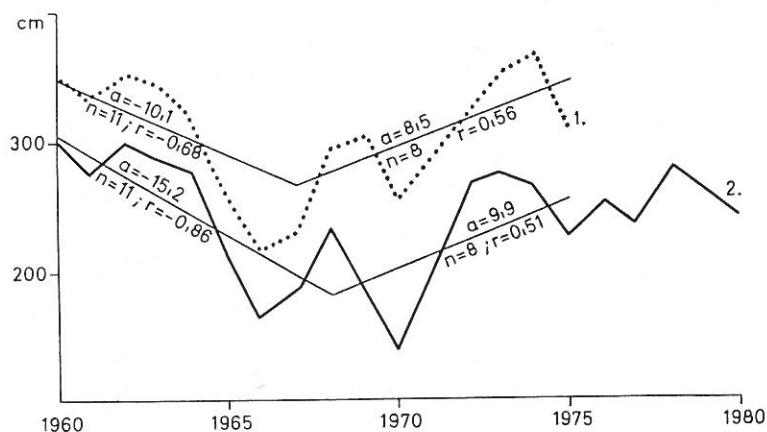
$\alpha = 1/273$.

Az 1. táblázatban közöljük a kecskeméti homoktalaj legfontosabb fizikai jellemzőit.

1. táblázat

A kecskeméti homoktalaj fizikai jellemzői

/1/ A minta- vétel mélysége, cm	/2/ Összes pórustér	/3/ Kapilláris vízkapacitás	/4/ Minimális vízkapacitás	/6/ Holtvíz- tartalom	/7/ Térfogat- tömeg	/8/ Sűrű- ség
	/5/ térfogat-%				/9/ súly-%	
0- 10	41,9	33,4	21,6	1,64	1,546	2,66
10- 20	45,0	35,4	21,8	1,84	1,464	2,66
20- 30	40,8	29,9	23,4	1,48	1,574	2,66
30- 40	39,3	30,5	20,8	1,56	1,615	2,66
40- 50	42,2	33,1	19,2	1,60	1,625	2,64
50- 60	40,7	30,1	21,3	1,64	1,566	2,64
60- 70	41,7	33,9	24,0	2,36	1,540	2,64
70- 80	41,3	32,2	22,8	2,36	1,550	2,64
80- 90	39,9	32,4	23,3	2,24	1,587	2,64
90-100	38,7	31,9	23,6	2,24	1,619	2,64



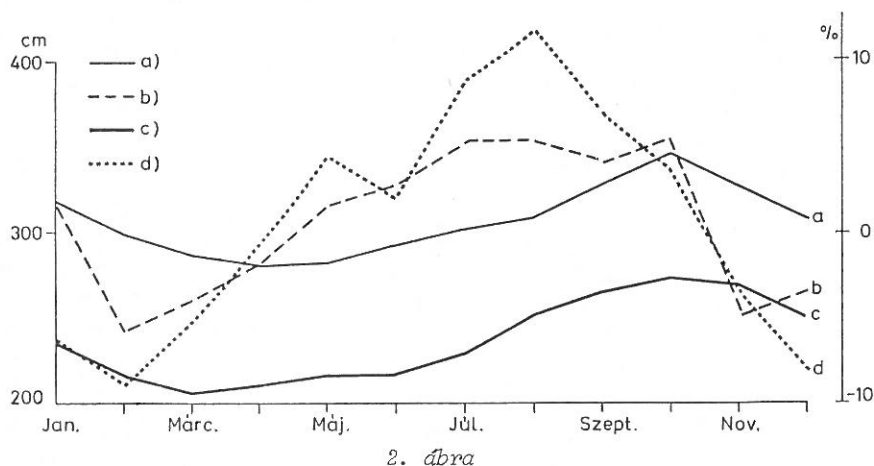
1. ábra

Az 1. és 2. számú talajvízkút víztükrorszintjének évi átlagai /Kecskemét, 1960-1980/. Függőleges tengely: Talajvízszint, cm

Az eredmények ismertetése

Az 1. ábrán szemléltetjük az 1. és 2. számú talajvízkút víztükörszint-jének évi átlagait az 1960-1975 időszakra vonatkozóan. Feltűnő volt, hogy a legkisebb és a legnagyobb évi átlagérték közötti differencia jelentősen különbözött a két megfigyelési hely között. A különbség az 1. számú kútnál 100 cm körüli, a 2. kútnál meghaladta a 200 cm-t. Emiatt a vízmozgás emelkedési és süllyedési szakaszainak trendje is különböző volt. Az emelkedés 10 cm/év /1. kút/ és 15 cm/év /2. kút/, a süllyedés üteme 8 és 10 cm/év volt az 1960 és 1975 közötti időszakban. A talajvízjárás dinamikájában észlelt különbségek ellenére közel azonos időszakban volt legvalószínűbb /1968-1971/ a vízszint emelkedési periódusának a vége, illetve süllyedésének kezdete.

Elemeztük a talajvíz ingadozásának havi átlagait /1960-1975/ és a 2. ábrán szemléltetjük a karakterisztikus meneteket.



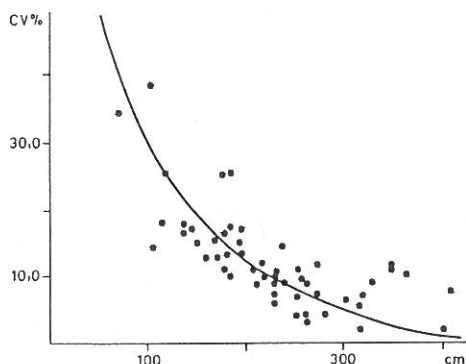
2. ábra
A talajvízszint havonkénti abszolút és relatív átlagai /Kecske-mét, 1960-1980/. Az 1. számú talajvízkút vízszintjének abszolút értékei /a/, relatív értékei /b/. A 2. számú talajvízkút vízszintjének abszolút értékei /c/, relatív értékei /d/. Függőleges tengely: Talajvízszint, cm

A legnagyobb talajvízszint /április/ és a legalacsonyabb víztükörszint /október/ közötti különbség 50 cm volt mindkét kút esetében.

A 2. ábrán feltüntetjük a relatív talajvízszint-ingadozás értékeit, amelyek az abszolút értékeknél jobban szemléltetik a változások dinamikáját, valamint a két talajvízkút vízjárása közötti különbségeket. A talajvízszint évi középértékeinek dinamikájára irányuló vizsgálattal azonos megállapításra jutottunk a havonkénti ingadozással kapcsolatban is, mivel a magasabb talajvízszint /2. kút/ változékonyabb volt, mint a mélyebb víztükrű 1. kút esetében. A talajvízjárás további fontos sajátossága, hogy a változás relatív nagysága függ a megelőző hónap talajvízszintjétől. Valószínű, hogy a művelt talajréteg /0-50 cm/ kis vízkapacitása, gyors vízáteresztése, illetve gyors kiszáradása /vízhiánya/ jelentős mozgatóerőt képvisel a talajvízszint változékonyságában. Emiatt eltérő volt az 1. és 2. számú kút talajvízszint-ingadozásának karaktere. A felszínhez közelebbi víztükrő ingadozása szorosabb kapcsolatban volt a művelt talajréteg vízforgalmával /ezen keresztül az időjárással/, mint a mélyebb vízjárású kút esetében. Indirekt módon ezt bizonyítja a 3. ábra, amely a március-április hónapok átlagos talajvízszintje /az esetek többségében a legmagasabb víztükrű állapot az év folyamán/ és az évi

ingadozást kifejező variációs koefficiens /CV/ közötti összefüggést szemlél-teti. Lényeges talajvízjárési sajátosság, hogy a víztükörszint arányában lo-garitmikusan változott a CV becsült értéke.

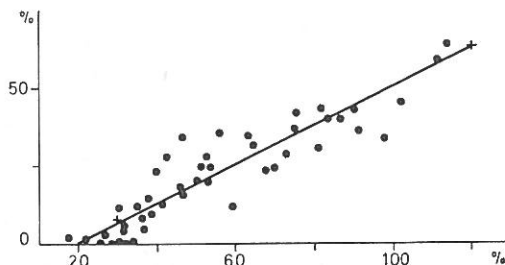
Természetes, hogy tájékoztató jellegűnek fogadhatjuk el a CV % informá-ciók tartalmát, azonban az figyelemreméltó, hogy határozott kapcsolat volt a két tényező között. Lényegében a 3. ábra összefüggése irányította figyel-münket a talajvízszint-ingadozás előrejelzésének lehetőségére.



3. ábra

Összefüggés a március havi átlagos talajvízszint és az évi ingadozást kifejező variációs koefficiens /CV/ között /Kecskemét, 1960-1980/.

$$Y = e^{ax+b} \quad a = -0,0091, \quad b = 4,3910, \\ r = -0,8632, \quad n = 52. \quad \text{Vízszintes} \\ \text{tengely: talajvízszint, cm}$$



4. ábra

A relatív csapadék /október havi ta-lajvízszint egységében/ és a relatív talajvízszint-változás közötti össze-függés /Kecskemét, 1960-1980; novem-ber - február hónapok/.

$$Y' = ax + b, \quad a = 0,458, \quad b = -8,339, \\ r = 0,880, \quad n = 47. \quad \text{Függőleges} \\ \text{tengely: talajvízszint-változás, \%}. \\ \text{Vízszintes tengely: Csapadék, \%}$$

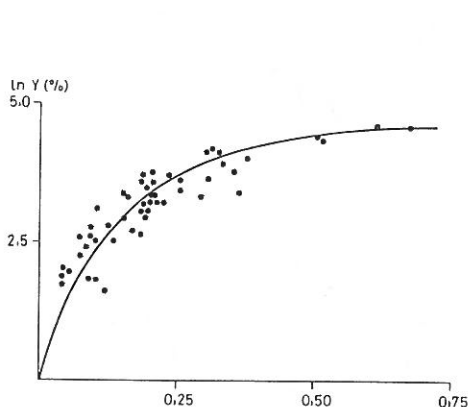
Vizsgáltuk azokat az összefüggéseket, amelyek statisztikailag bizonyít-ható kapcsolatokat fejeznek ki a talajvízmozgás és az időjárási tényezők kö-zött. Első lépésként meghatároztuk a november - február hónapok csapadéköss-zegéből eredő talajvízszint-emelkedést. A 4. ábrán szemléltetjük az össze-függést. Mindkét változót az október havi talajvízszint egységében fejeztük ki, azon ok miatt, hogy a talajvízszint változása alapvetően nem a csapadék összegétől függ, hanem a talajfelszín és a víztükör távolságától, amelyben a csapadék eloszlik, illetve a vízkapacitáson felüli mennyiség lefolyik. Például, ha egy feltételezett csapadékösszeg talajvízszint emelkedésére gyako-rolt hatását vizsgáljuk, akkor a felszín közeli víztükörszint esetében na-gyobb lesz a változás, mint a mély talajvíznél. Ezért fejeztük ki a november-február hónapok csapadékösszegét és talajvízszint változását az október havi víztükörszint egységében.

Két behelyettesítési értéket emelünk ki a 4. ábrán szemléltetett össze-függésből:

- az $x = 100$; $y = 37$ érték azt fejezi ki, hogy az egységnyi csapadék /1 mm/ talajvízszint-emelkedési egyenértéke 3,7 mm;

- valamint $y_0 = x = 18,2$ érték a homok természetes vízkapacitását /10 cm-es talajszintre vonatkozóan/ közelíti, amely arra utal, hogy a felszíni talajréteg vízkapacitásig /VK_{min}/ történő telítődése után számíthatunk a ta-lajvízszint emelkedésére.

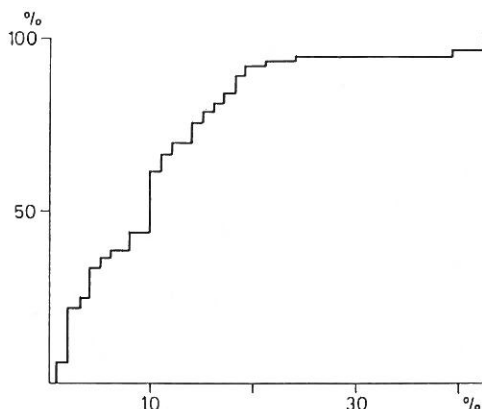
A november-február közötti időszak talajvízjárásánál összetettebb probléma a március-október hónapok talajvíz-ingadozásának és a meteorológiai elemeknek a kapcsolata. Azt tudjuk, hogy ekkor a párolgási folyamatokkal kapcsolatos tényezők /hőmérséklet, levegő páratartalma/ válnak dominánssá, azonban számítani kell a csapadékra is. Ezért az éghajlati vízhiány megfelelően bizonyult egy komplex meteorológiai paraméter kifejezésére.



5. ábra

Az éghajlati vízhiány variációs koeficiensének viszonytszáma és a relatív talajvízszint-változás /ln Y/ közötti összefüggés /Kecskemét, 1960-1980, március - október/.

$y' = 105 \cdot \frac{1}{1 + e^{-6,006x - 0,083}}$,
 $r = -0,890$, $n = 51$. Vízszintes tengely: talajvízszint/éghajlati vízhiány variancia



6. ábra

A március-október hónapok talajvízszint ingadozásának számított és mért értékei /talajvízszint egységében/ közötti különbségek empirikus eloszlása /Kecskemét, 1960-1980/. Függőleges tengely: Gyakoriság, %. Vízszintes tengely: Relatív különbség, %

Többféle módszerrel vizsgáltuk a március-október időtartam talajvízszint ingadozása és az éghajlati vízhiány közötti kapcsolatot. E számítások közül az 5. ábrán szemléltetett összefüggést fogadtuk el a statisztikai feltétel / $P = 0,1$ % valószínűségi szinten szignifikáns/ és a kapcsolat fizikai realitásának szempontjából. Független változó volt az a viszonyszám, amely az éghajlati vízhiány CV egységében a valószínűsített talajvízszint CV arányát fejezte ki. A függő változó a talajvízszint egységében számított relatív változás /%/ logaritmus értékét jelölte. /Megjegyezzük, hogy a logaritmus transzformációra azért volt szükség, mert a változók nagyságrendje különbözött, amely befolyásolta a számítások megbízhatóságát./

A látszólag bonyolult összefüggés valójában csak az éghajlati vízhiány ismeretét igényli, a talajvízszint ingadozását jellemző paraméter /CV/ a 3. ábra egyenletével becsülhető.

A március-október időszak talajvízszint-változását a következőképpen számítottuk:

- a 3. ábra egyenletével becsültük a március elején mért, vagy számított talajvízszint CV értékét;

- majd az éghajlati vízhiány CV-értékének folyamatos nyomon követése során számítottuk ki a relatív vízszint-változást /a március eleji talajvíztűrkör mélységének egységében/.

A március-október időszak talajvízszint ingadozását közelítő számítások egyszerűsítése miatt szintetizáltuk a 3. és 5. ábra egyenleteit az alábbi formában:

$$\Delta h [\%] = e^A \left[1 - e^{a^* \left(e^{\frac{a \cdot h_1 + b}{100}} \cdot (Hé_{CV}) + b^* \right)} \right] \quad /3/$$

ahol:

- $A = 105;$
- $a^* = -6,006;$
- $b^* = -0,083;$
- $a = -0,091;$
- $b = 4,391;$
- $h_1 =$ a márciusi talajvízszint;
- $Hé_{CV} =$ az éghajlati vízhiány variációs koefficiense;
- $\Delta h =$ a talajvízszint változása $\%$ a periódus kezdetére becsült víztükör-szint egységében.

Vizsgáltuk a /3/ képlettel számított és a mért talajvízszint-változás értékei közötti különbségeket. Megállapítottuk, hogy az előrejelzési kísérletek pontossága megfelel a homoktalaj vízháztartását közelítő számításoknak. A becsült- és mért talajvízszint értékek közötti különbség átlagosan 22 cm volt, amely nem éri el a 10 %-ot az átlagos talajvízszint /262 cm/ egységében kifejezve. Ez a különbség közel 61 mm csapadékkal egyenértékű, amely a március-október hónapok csapadékösszegének 16 %-a.

A 6. ábrán szemléltetjük a /3/ képlettel számított és a tényleges relatív vízszintváltozás különbségeinek empirikus eloszlását. Ebből kitűnik, hogy az esetek 10 %-ában olyan eltérések voltak, amelyek minden valószínűséggel különböző kultúrtechnikai beavatkozások /öntözés, stb./ miatt már nem elfogadható becsléseket eredményeztek. Sajnos, ebben a tekintetben kevés megbízható, zavaró tényezőktől mentes, talajvízkút adatbázisára számíthatunk hazánkban.

A talajvízszint és a klimatikus elemek közötti kapcsolatok megállapítását célzó vizsgálataink időszerű problémák okainak megismeréséhez szolgáltak adalékokkal. Ismerve a homoktalaj kedvezőtlen fizikai tulajdonságait, joggal feltételezhetjük, hogy a talajvízmozgás jelentősen befolyásolja a vízháztartást. Nevezetesen, az utóbbi években /1982-1986/ rendszeresen visszatérő aszályra gondolunk és a kialakulásának feltételeire. A meteorológiai elemek és a talajvíz-ingadozás közötti bizonyított kapcsolat egyértelműen azt indokolja, hogy figyelembe kell venni a víztükörszint változását a vízháztartásban.

A dolgozatunkban ismertetett talajvízszint-ingadozás becslési módszer hasznos információkat ad Kecskemét-Katonatelep homoktalajának vízháztartására vonatkozóan.

Összefoglalás

A kecskeméti homoktalaj vízjárása talajfizikai tulajdonságai és klimatológiai okok miatt sajátos. A talajvízszint évi átlagai alapján elemezte a szerző az 1960 és 1975 közötti időszak vízjárását és kiszámította az 1968-ig tartó emelkedési periódus, valamint az 1975-ig terjedő vízszintcsökkenés trendjeit.

Vizsgálta az átlagos havi talajvízszint évi menetét /1960-1975/. Megállapította, hogy az évenkénti és a havonkénti talajvízszint-ingadozás függ a talajfelszín és a víztükörszint távolságától.

Regressziós módszerrel becsülte a november-február hónapok csapadékösszege és a talajvízszint változása közötti kapcsolatot. Az egységnyi csapadék /1 mm/ hatására bekövetkezett talajvízszint-emelkedés 3,6 mm volt. Statisztikailag bizonyított kapcsolatot ismertetett a március-április időszak átlagos talajvízszintje és az évi variációs koefficiens közötti összefüggésre vonatkozóan.

Megállapította, hogy a március-október hónapok talajvízszint-ingadozása egyértelműen függ az éghajlati vízhiánytól, amely a potenciális evapotranspiráció és a csapadék különbsége. Március-október időszakra vonatkozóan ismertetett egy talajvízszint előrejelzésére alkalmas becslési módszert és elemezte a számított és a mért talajvízszint közötti különbségek empirikus eloszlását.

Irodalom

- ANTAL E., 1968. Új módszer a potenciális evapotranspiráció számítására. Beszámolók az 1967-ben végzett tudományos kutatásokról. OMI Hiv. Kiadv. XXXIV. Budapest. 414-423.
- ANTAL E. és TÓTH E., 1982. Agro- és hidrometeorológiai vizsgálatok eredményeinek hasznosítása a vízügyi tervezéseknél. Beszámolók az 1980-ban végzett tudományos kutatásokról. 295-311. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- BOGÁRDI J., 1952. A csapadék és hőmérséklet hatása a talajvíztükör változására. MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei. V. /4/ 33-60.
- HORVÁTH J., 1984. A homoktalajok meliorációjának időszerű kérdései. Agrokémia és Talajtan. 33. 237-239.
- KREYBIG L., 1953. Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- MOLNÁR E. és MÉLYVÖLGYI J., 1983. Kedvezőtlen folyamatokat megelőző, talajnedvesség-szabályozó beavatkozások talajtani megalapozása. Agrokémia és Talajtan. 32. 453-456.
- POSZA I., 1978. A talajvíz mélységének hatása az evapotranspirációra. Beszámolók az 1975-ben végzett tudományos kutatásokról. OMSZ Hiv. Kiadv. LXV. Budapest. 210-218.
- RAJKAI K., 1984. A talaj kapilláris vezetőképességének számítása a pF -görbe alapján. Agrokémia és Talajtan. 33. 50-62.
- RAJKAI K. és BARNA I-né, 1978. A talaj vízgazdálkodása és a természetes vegetáció közötti összefüggések vizsgálata. VITUKI Közl. 5. 41-45.
- RÉTHÁTI L., 1974. A csapadék szekuláris változásai és a talajvízjárás trendje. Műszaki Tudományok. 48. 187-208.
- SZALÓKI S., 1972. A talajvízszint, az evapotranspiráció és az öntözés néhány kérdése. Kandidátusi értekezés. Budapest.
- SZESZTAY, K., 1958. Estimation of the water balance of catchment areas in Hungary. Időjárás. 62. 313-328.
- SZODFRIDT I. és FARAGÓ S., 1968. Talajvíz és vegetáció kapcsolata a Duna-Tisza köze homokterületén. Bot. Közl. 55. 69-75.
- UBELL, K., 1964. A talajvízháztartás jellemzői. Összefoglaló az Agrometeorológiai Konferencia előadásairól. Kecskemét, 1964. 67-68.
- VÁRALLYAY Gy., 1974. Háromfázisú talajrétegben végbemenő vízmozgás tanulmányozása. Agrokémia és Talajtan. 23. 261-296.
- VÁRALLYAY Gy., 1980. A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növények vízellátásában. Tudomány és Mezőgazdaság. 18. /5/ 22-29.

- VÁRALLYAY Gy., 1981a. Magyarország talajainak vízháztartási típusai. VITUKI Közl. 35. 6-9.
- VÁRALLYAY Gy., 1981b. Kedvezőtlen vízgazdálkodás - korlátozott talajtermékenység. Agrokémia és Talajtan. 30. 151-161.
- VÁRALLYAY Gy., 1983. A talaj vízgazdálkodása és a környezetvédelem. Agrokémia és Talajtan. 32. 438-447.
- VÁRALLYAY Gy., 1984. Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. Agrokémia és Talajtan. 33. 159-169.

Érkezett: 1986. október 23.

Estimation of Fluctuations in the Groundwater Level at Kecskemét-Katonatelep on the Basis of Climatological Data

J. NOVÁK

Agronometeorological Observatory of the National Meteorological Service,
Kecskemét /Hungary/

Summary

The fluctuation in the water level in the sandy soil at Kecskemét is specific due to the soil physical properties and to climatological factors. The groundwater levels between 1960 and 1975 were analysed by the author on the basis of annual mean groundwater levels. A rising trend was observed for the period up to 1968, followed by a drop in the water level up till 1975.

A study of the annual course of mean monthly groundwater levels /1960-1975/ indicated that both the annual and the monthly groundwater level fluctuations depended on the distance between the soil surface and the water table.

A regression method was used to estimate the relationship between precipitation sums from November to February and changes in the groundwater level. The rise in the groundwater level as the result of unit /1 mm/ precipitation was 3.6 mm. A statistically significant relationship was found between the mean groundwater level in March and April and the annual variation coefficient.

It was established that the fluctuation in the groundwater level from March to October was clearly dependent on the climatic water deficiency, which is the difference between the potential evapotranspiration and the precipitation. Information is given on an estimation method suitable for the prediction of groundwater levels from March to October and an analysis is made of the empirical distribution of differences between calculated and measured groundwater levels.

Table 1. Physical properties of the sandy soil at Kecskemét. /1/ Depth of sampling, cm. /2/ Total pore space. /3/ Capillary water capacity. /4/ Minimum water capacity. /5/ Volume-%. /6/ Wilting percentage. /7/ Bulk density. /8/ Density. /9/ Weight-%.

Fig. 1. Annual means for the water table in groundwater wells Nos. 1 and 2 /Kecskemét, 1960-1980/. Vertical axis: Groundwater level, cm.

Fig. 2. Absolute and relative monthly means for the groundwater level /Kecskemét, 1960-1980/. Absolute values /a/, relative values /b/ for the water level in groundwater well No. 1. Absolute values /c/, relative values /d/ for the water level in groundwater well No. 2. Vertical axis: Groundwater level, cm.

Fig. 3. Correlation between the mean groundwater level in March and the variation coefficient /CV/ expressing the annual fluctuation /Kecskemét, 1960-1980/. $Y = e^{ax+b}$. $a = -0.0091$, $b = 4.3910$, $r = -0.8632^{+++}$, $n = 52$. Horizontal axis: Groundwater level, cm.

Fig. 4. Correlation between relative precipitation /in October groundwater level units/ and relative changes in the groundwater level /Kecskemét, 1960-1980, November-February/. $Y' = ax + b$. $a = 0.458$, $b = -8.339$, $r = 0.880^{+++}$, $n = 47$. Horizontal axis: Precipitation, %.

Fig. 5. Correlation between the index of the variation coefficient for climatic water deficiency and the relative change in the groundwater level /ln Y/ /Kecskemét, 1960-1980, March-October/. $Y' = 105 /1 - e^{-6.006x} - 0.083/$, $r = 0.890^{+++}$, $n = 51$. Horizontal axis: Groundwater level/ climatic water deficiency variance.

Fig. 6. Empirical distribution of differences between calculated and measured values /in groundwater level units/ of the fluctuations in groundwater level from March to October /Kecskemét, 1960-1980/. Vertical axis: Frequency, %. Horizontal axis: Relative difference, %.